

地中構造物の地震時浮上り抑制効果に周辺地盤の締固めと入力波形が与える影響について

九州工業大学工学部 正会員・学生会員 清水恵介 永瀬英生 廣岡明彦・鹿島啓示
九州工業大学大学院 学生会員 ○新井章太 橋本裕二郎

1. 研究の背景並びに目的

各種ライフライン施設の地中化が進む今日、共同溝に代表される地中構造物はその重要性を増しており、耐震性の向上が望まれている。これまで本研究室では、これら施設の液状化時の被害について、その対策工として締固め工法を適用した場合の正弦波による重力場振動台実験を実施し、本工法の改良範囲の変化が埋設構造物の挙動に与える影響について調べてきた。そこで今回は兵庫県南部地震で観測された実地震波を元に不規則波による加振実験を実施し、入力波形の違いが与える影響について調べたので、その結果を報告する。

2. 実験方法並びに条件

実験システムの概要を図-1 に示す。模型地中構造物の縮尺は想定した実物の 1/10 であり、各物理量の決定に際してはこの縮尺をもとに井合の相似則¹⁾を適用した。模型地盤は未改良域を相対密度 20%に、改良域を 70%に設定しており、その他の実験条件に関しては文献²⁾を参照されたい。実験条件は表-1 に示す通りであり、模型地盤全域を未改良とした場合を W0、60cm の幅で改良域を設けた場合を W60 とし、入力波に不規則波を用いた場合の実験コードは語尾に”R”を付記した形で表わしている。 α_{max} はそれぞれの入力波における最大加速度振幅である。図-2 に入力加速度波形を示す。正弦波を用いた実験では、振幅 300gal、加振周波数 3Hz の正弦波を約 10 秒間入力することを目標としており、不規則波としては、兵庫県南部地震においてポートアイランド GL-32m の地点で観測された NS 成分の地震波に、相似則を適用したものをを用いる。

3. 実験結果及び考察

入力波に対する模型構造物の応答を Lissajous 図としてまとめたものを図-3 に示す。改良域を設けていない W0 では、振動開始から約 2 秒間は 45° ～90° の位相差が生じ、最終的な位相差はほぼ半周期となった。W0R の場合は、振動開始から 3 秒付近までは 45° 程度のずれが生じたものの、それ以降は不規則な応答を示した。一方、改良域を設けた場合、W60 では、振動開始から約 1 秒経過した辺りから徐々にではあるが 45° 以下の位相のずれが生じ、W60R では、200gal より大きな振幅を除き、振動終了時までほぼ同位相であることが観察される。

次に、図-4 に各実験での振動中における過剰間隙水圧比の最大値をプロットしたグラフを示す。縦軸は地表面からの深さを表わし、鉛直方向に並んだ間隙水圧計を同形状のシンボルで表記している。これより正弦波、不規則波にかかわらず、改良域を設けた場合は、全域未改良の場合に比べ、過剰間隙水圧比の値が概ね低

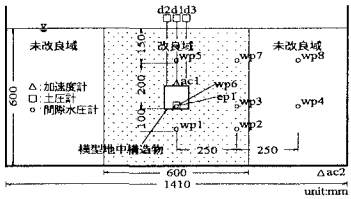


図-1 実験システム

表-1 実験条件

実験コード	入力波	α_{max} (gal)
W0	正弦波	280
W60	正弦波	360
W0R	不規則波	438
W60R	不規則波	440

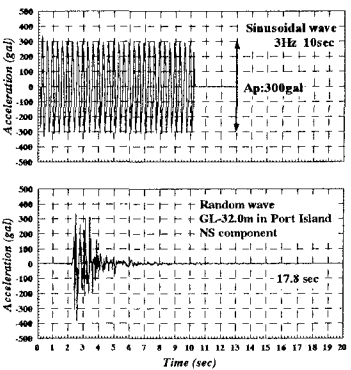


図-2 入力加速度波形

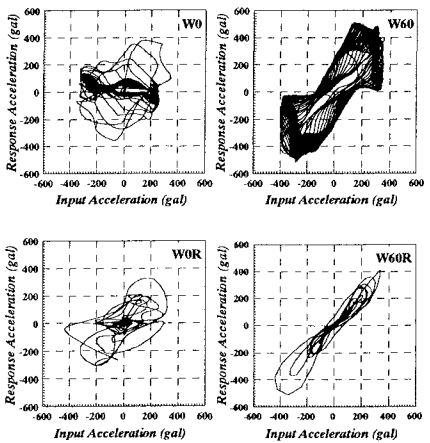


図-3 Lissajous 図

下している様子が観察される。よって、図-3、4 を比較すると、改良域を設けていない場合は、改良域を設けた場合に比べ、構造物周辺においても相対密度が低いため過剰間隙水圧が上昇し、地盤の剛性が全域で低下したため、構造物の応答に顕著な減衰と、大きな位相差が生じることが推察される。一方、構造物周辺を締め固めた場合は、締め固める事で過剰間隙水圧の発生が抑制され、それにより少なくとも構造物周辺地盤の剛性の顕著な低下が抑制されるため、改良域を設けていない場合のような、構造物における顕著な減衰と、位相差が生じなかったものと考えられる。

実験前後の地盤流動をベクトル表示したものを図-5 に示す。正弦波を入力した場合の実験において、改良域を設けていない W0 では、構造物上部の地盤が構造物側方へ流動し、構造物側方の地盤が構造物底部へ流動し、構造物を巻き込むように押し上げている様子が観察できる。一方、改良域を設けた W60 においては、未改良域では W0 と同様の地盤流動が見られるものの、改良域内においては流動変形が非常に小さくなっており、また、地盤上層部において改良域が未改良域に倒れ込むような変形と、液状化後の再堆積に伴う未改良域での沈下が観察される。次に不規則波を入力した実験の場合では、改良域を設けた場合は改良域を設けていない場合に比べ、改良域内においてわずかな地盤流動の抑制は見られるものの、全体的な変位量は正弦波の場合に比べ非常に小さいことが分かる。これは不規則波の場合は、表-1 から分かる通り、 α_{max} においては不規則波の方が大きいものの、一様な振幅で繰り返しせん断力が働く正弦波と比べ、全般的にその加速度振幅は小さいため、改良域を設けた場合とそうでない場合とでの地盤流動の違いが、顕著に現れなかったものと考えられる。次に模型構造物の浮上り量と締め固め範囲の関係をまとめたグラフを図-6 に示す。ここで改良域を設けていない場合と改良域を設けた場合の浮上り量を比較すると、正弦波の場合では 1/10、不規則波の場合は 1/12 と、ほぼ等しい倍率で模型構造物の浮上りが抑制された。これより、液状化層厚に対する締め固め幅の比が 1/1 である場合は、入力波特性の違いにかかわらず、構造物の浮上り抑制効果は 1/10 程度になることが推察される。

参考文献

- 1) 井合進:1g 場での地盤-構造物-流体系の模型振動実験の相似則、港湾技術研究所報告、第 27 巻、第 3 号、1988
- 2) 廣岡明彦ら：地中構造物の液状化時浮上り抑制工に関する重力場振動台実験、第 25 回地震工学研究発表会、第 1 冊分 pp.401～pp.404、1999

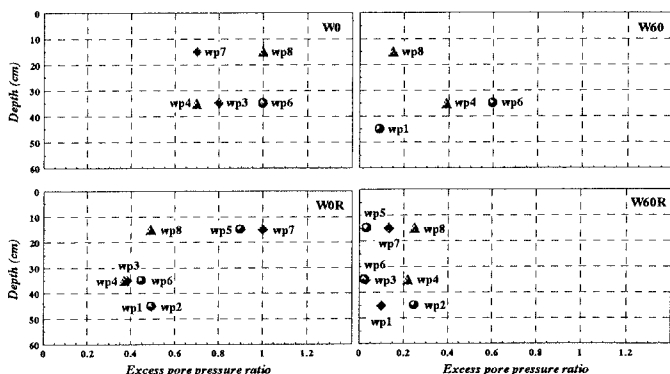


図-4 振動中における過剰間隙水圧比の最大値

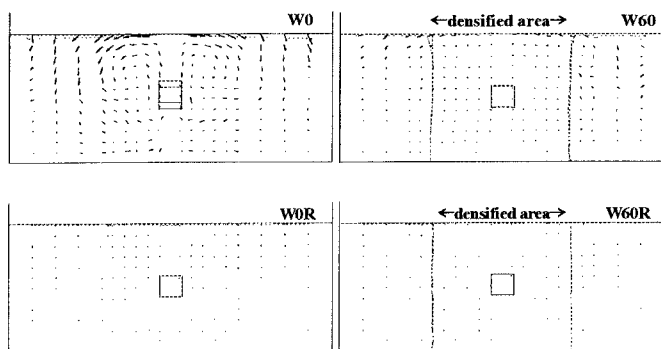


図-5 変位ベクトル図

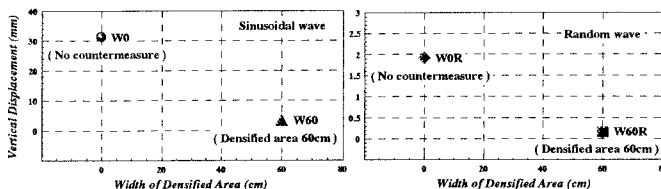


図-6 構造物の浮上り量と締め固め範囲の関係